AUS DER MEDIZINISCHEN KLINIK ZU KIEL

METHODISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR REFRAKTOMETRIE DES BLUTES

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
DER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER KÖNIGL. CHRISTIAN-ALBRECHTS-
UNIVERSITÄT ZU KIEL

VORGELEGT VON

GEORG SCHWENKER
AUS GERA (REUSS J. L.)

1911
DRUCK VON JULIUS KLINKHARDT IN LEIPZIG

AUS DER MEDIZINISCHEN KLINIK ZU KIEL

METHODISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR REFRAKTOMETRIE DES BLUTES

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
DER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER KÖNIGL. CHRISTIAN-ALBRECHTS-
UNIVERSITÄT ZU KIEL

VORGELEGT VON

GEORG SCHWENKER
AUS GERA (REUSS J. L.)

1911
DRUCK VON JULIUS KLINKHARDT IN LEIPZIG

Sonderabdruck aus „FOLIA SEROLOGICA“, Band VII, Heft 11. Verlag von Dr. Werner Klinkhardt in Leipzig.

No. 25.
Rektoratsjahr 1911/12.
Referent: Dr. Lüthje.
Zum Druck genehmigt.
Dr. Graf von Spee,
d. Z. Dekan.

Von Grober und Strubell ist die Refraktometrie in die klinische Methodik eingeführt worden. Besonders Strauß und Reiß haben ihre Brauchbarkeit für klinische Zwecke erprobt und erwiesen. Sie ist sehr geeignet für Untersuchungen über die Wasserbilanz des Blutes und in neuerer Zeit auch mehrfach für physiologische Arbeiten benutzt worden.

Um den Wert der mit der Refraktometrie erhaltenen Resultate richtig abschätzen zu können, schien es wünschenswert, eine Reihe rein methodischer Fragen einer genaueren Prüfung zu unterziehen. Es war zu erhoffen, daß sich einerseits die günstigsten Versuchsbedingungen für refraktometrische Untersuchungen erkennen lassen würden, und andererseits ein Aufschluß über die normalen Schwankungen des Blutserums und deren Ursache zu erhalten wäre.

Für die folgenden, auf Veranlassung von Dr. Böhme ausgeführten Versuche wurde das Pulfrichsche Eintauchrefraktometer von Zeiß benutzt. Das Prinzip desselben beruht auf der Bestimmung des Grenzwinkels der totalen Reflexion. Die Konzentration des Serums wird gemessen durch seine optische Dichte. Die Ablesungen erfolgten erst, nachdem das Refraktometer wenigstens fünf Minuten lang einen konstanten Wert gezeigt hatte. Die Eiweißwerte sind nach der Reißschen Tabelle berechnet.

Um von einer Versuchsperson eine Zeitlang Serum von konstanter Konzentration zu erhalten, stellte es sich als notwendig heraus, daß die Versuchsperson vor der Blutentnahme längere Zeit horizontal gelagert wird und ausruht. Diese Vorsichtsmaßregel ist ganz besonders dann erforderlich, wenn man mehrere Blutentnahmen an der gleichen Person machen und miteinander vergleichen will. Hält man die Ruhezeit nicht ein, so bekommt man zuerst zu hohe Werte, die im Verlauf

des Versuches allmählich absinken. Hat das Blutserum aber erst einmal seinen niedrigsten Wert erreicht, so wird derselbe lange Zeit sehr konstant beibehalten.

Das Absinken der Serumkonzentration unter dem Einfluß der Ruhe wird durch folgenden Versuch gezeigt: Sofort nach Horizontallagerung (4 Uhr 5 Minuten) der Versuchsperson wurde eine erste Blutprobe aus dem Ohr entnommen, und die Entnahme aus der gleichen Stelle in regelmäßigen Zwischenräumen wiederholt.

Versuch I.

Zeit	Refr.-Ables.	Brechungsindex
4,05	59,21	1,34992
4,10	57,36	1,34923
4,22	55,70	1,34862
4,30	55,05	1,34838
4,40	54,64	1,34824
4,52	54,62	1,34822
5,05	54,50	1,34817
5,15	54,50	1,34817
5,25	54,52	1,34818
5,38	54,58	1,34820
5,55	54,49	1,34817
6,05	54,38	1,34812
6,15	54,39	1,34813

Figur 1 stellt den Versuch graphisch dar.

Alle ähnlichen Versuche fielen in demselben Sinne wie Versuch I aus.

Eine Erklärung für das Verhalten des Serums ergibt sich aus der von Böhme gefundenen Tatsache, daß Muskelarbeit, die der Körper beim Gehen und Stehen zu leisten hat, eine Konzentrationszunahme des Serums bewirkt. Der Einfluß der Muskelarbeit spricht sich in den ersten Werten aus und verschwindet erst nach einiger Zeit, dann aber bleibt der erreichte Ruhewert während der Dauer des ganzen Versuches konstant. Aus diesem Grunde wurden alle folgenden Versuche erst nach einer Ruhezeit von einer halben Stunde begonnen; ferner wurde auch bei den Versuchen darauf geachtet, durch eine möglichst bequeme Lagerung der Versuchsperson jede Muskelanspannung auszuschalten.

Zu den Untersuchungen können nur Personen herangezogen werden, die ruhig sind und durch die Vorbereitung zur Untersuchung nicht ge-

ängstigt oder aufgeregt werden; nervöse Menschen zeigen selbst nach einer Ruhezeit von 30 Minuten keine auch nur annähernd konstanten Werte, diese sind bald hoch, bald niedrig.

Ferner muß eine genügende Blutmenge entnommen werden, so daß das Serum die beiden prismatischen Flächen des Refraktometers völlig bedeckt. Selbst ganz kleine Luftbläschen stören die Genauigkeit der Ablesung erheblich; die Werte werden zu hoch und die Grenzlinie im Refraktometer wird unscharf, so daß eine genaue Ablesung unmöglich wird. Berücksichtigt man aber diese Umstände, so ist die Genauigkeit der Ablesung eine sehr große, wie aus folgenden Zahlen hervorgeht.

Es wurden mit dem gleichen Serum mehrere Bestimmungen gemacht. Nach jeder einzelnen wurde das Refraktometer gereinigt und mit einem neuen Tropfen Serum beschickt.

Tabelle II.

Serum	Refraktometer-Ablesung	Brechungsindex	Größte Differenz in Refraktometerteilstrichen
Nr. 1	59,35	1,34997	0,05
	59,32	1,34996	
	59,37	1,34998	
Nr. 2	62,06	1,35097	0,04
	62,02	1,35096	
	62,03	1,35096	
Nr. 3	52,49	1,34742	0,02
	52,51	1,34743	
Nr. 4	58,68	1,34972	0,08
	58,63	1,34970	
	58,71	1,34973	
Nr. 5	59,11	1,34988	0,03
	59,14	1,34989	
Nr. 6	79,31	1,35725	0,03
	79,28	1,35724	
Nr. 7	77,28	1,35652	0,05
	77,33	1,35654	
Nr. 8	77,28	1,35652	0,03
	77,31	1,35653	
Nr. 9	59,99	1,35021	0,01
	59,98	1,35020	

Serum	Refraktometer-Ablesung	Brechungsindex	Größte Differenz in Refraktometerteilstrichen
Nr. 10	60,65 60,64	1,35045 1,35045	0,01
Nr. 11	61,68 61,67	1,35083 1,35083	0,01
Nr. 12	53,00 52,99	1,34761 1,34761	0,01

Der Ablesungsfehler beträgt also im Durchschnitt nicht mehr als 0,03 Refraktometerteilstriche. Er kann praktisch vernachlässigt werden, ohne daß die gewonnenen Resultate an Zuverlässigkeit verlieren.

Häufig zeigt das Serum ein milchig getrübtes Aussehen. Dasselbe rührt von allerfeinsten im Serum verteilten Fetttröpfchen her. Die Schärfe der Ablesung wird dadurch gestört. Man kann diesem Übelstand leicht dadurch abhelfen, daß man das Blut den Versuchspersonen morgens in nüchternem Zustande entnimmt. Auch darf zur refraktometrischen Untersuchung kein Serum Verwendung finden, welches hämoglobinhaltig ist. Schon ganz geringe Hämolyse macht erhebliche Fehler, die Werte werden zu hoch.

Vergleicht man mehrere Proben gleichen Blutserums miteinander, von denen die eine völlig farblos, die andere zufällig oder künstlich hämoglobinhaltig ist, so gibt die letztere stets einen höheren Wert.

Es wurden aus diesem Grunde solche Sera, die einen rötlichen Schimmer zeigten, nicht verwendet, als schärfstes Kriterium diente die Grenzlinie, die sich beim Ablesen im Refraktometer zeigte. War sie leicht rötlich gefärbt, so wurde das Serum für nicht einwandfrei angesehen und nicht benutzt.

Einen deutlichen Einfluß auf die Konzentration des Serums hat auch der Druck, mit dem das Blut aus der Stichöffnung der Haut gepreßt wird, und zwar in dem Sinne, daß bei starkem Druck eine deutliche Konzentrationszunahme des Serums eintritt. Ein in einiger Entfernung von der Einstichstelle ausgeübter ganz milder Druck bleibt jedoch ohne Einfluß. Die Versuche wurden so vorgenommen, daß erst ein oberflächlicher Einstich, aus dem Blut nur unter starkem Druck zu erhalten war, dann ein tiefer, aus dem es spontan ausfloß, gemacht wurde. Die aufgefangenen Blutproben wurden zentrifugiert, sobald Gerinnung eingetreten war, und dann die Konzentration des Serums mit dem Refraktometer bestimmt.

Die folgende Tabelle III enthält fünf derartige Versuche. Das zur Untersuchung nötige Blut wurde aus der Kuppe des Zeigefingers gewonnen.

Tabelle III.

Versuch	Kleiner Einstich, das Blut wird mit starkem Druck gewonnen		Tiefer Einstich, das Blut fließt spontan aus		2. Entnahme aus dem kleinen Einstich mit Druck gewonnen	
	Refraktom.-Ablesung	Brechungs-Index	Refraktom.-Ablesung	Brechungs-Index	Refraktom.-Ablesung	Brechungs-Index
1	58,09	1,34954	57,18	1,34917	57,78	1,34939
2	56,24	1,34982	55,00	1,34836	55,40	1,34851
3	56,56	1,34894	56,21	1,34885	56,71	1,34899
4	56,21	1,34885	54,21	1,34817	55,41	1,34851
5	59,23	1,34993	58,91	1,34981	59,21	1,34992

In allen fünf Versuchen zeigen die Serumwerte des Blutes, welches mit stärkerem Druck gewonnen wurde, gegenüber dem, welches fast ohne Druck gewonnen wurde, eine Konzentrationszunahme; sie beträgt im Durchschnitt 0,3 Refraktometerteilstrich (0,06 % E.), steigt aber in einem Versuch um 1,2, in einem anderen um 1,7 Refraktometerteilstrich an. Diese Eindickung des Serums kann wohl erklärt werden als Produkt einer lokalen Stauung, die durch den starken Druck hervorgerufen wird; dabei wird aus den Gefäßen eine eiweißarme Flüssigkeit in die Lymphbahnen abgepreßt und das Serum des austretenden Blutes wird konzentrierter.

Vergleichende Untersuchungen über die Konzentration des Blutserums in verschiedenen Kapillargebieten der Haut

Technik der Blutentnahme.

Nachdem die Versuchsperson etwa $^1/_2$ Stunde in Rückenlage und völliger Ruhe verbracht hatte, wurden alle Stellen, aus denen eine Blutentnahme gemacht werden sollte, mit Watte und Äther gereinigt und getrocknet. Nunmehr wurden sämtliche Einstiche gemacht. Als Instrument diente ein Graefesches Linearmesser, wie es zu Staroperationen gebräuchlich ist. Man kann damit sehr kleine Einstiche machen, die aber doch beliebig viel und oft Blut liefern. Die austretenden Blutröpfchen wurden mit etwas Watte bedeckt, die die kleine Wunde rasch verklebte. Nun wurden der Reihe nach die Watteflöckchen von den Einstichstellen abgerissen, und das aus der wiedereröffneten Wunde fließende Blut in kleine U-Kapillaren aufgefangen.

Durch Untersuchungen von Nonnenmacher ist festgestellt worden, daß Erythrozyten, Leukozyten und Hämoglobin in verschiedenen Gebieten des Körpers verschiedene Werte aufweisen. Als Erklärung wurde von Nonnenmacher angegeben, die Lymphgefäße seien in den verschiedenen Gebieten des Körpers nicht überall gleich reichlich vorhanden, so daß an der einen Stelle dem ausgepreßten Blute mehr, an der anderen weniger Lymphe beigemengt werde. Daher fände man an der einen Stelle weniger, an der anderen mehr Erythrozyten. Man müßte nun erwarten, da die Lymphe einen geringeren Gehalt an Eiweiß besitzt als das Blutserum, daß das Serum die gleichen Schwankungen wie die Erythrozyten mitmache. Andererseits könnte man die verschiedene Verteilung der korpuskulären Elemente des Blutes als Sedimentierungsvorgang auffassen, und dann läge kein Grund vor, warum das Blutserum, welches eine kolloidale Lösung darstellt, diese Schwankung mitmachen sollte. Um diese Frage zu klären, wurde einer größeren Reihe von Versuchspersonen aus verschiedenen Kapillargebieten der Haut Blut entnommen. Es wurde zum Vergleich herangezogen das Blutserum aus Finger, Unterarm, Oberarm, Bauch, Gesäß, Oberschenkel, Fuß, Ohr und und Lippe. Lippe, Ohr und Finger lieferten reichliche Mengen Blut fast ohne jeden Druck. Die vergleichenden Werte enthalten die folgenden drei Tabellen.

Tabelle IV. Eingeübte, gesunde Versuchspersonen.

Versuche	Rechter Zeigefinger	Linker Zeigefinger	Rechtes Ohr	Linkes Ohr	Größte Differenz in Refraktom.-teilstrichen
Nr. 1 Ref.	57,05	57,09	57,06	57,11	0,06
n. D.	1,34912	1,34913	1,34912	1,34914	
Nr. 2 Ref.	53,79	53,63	53,79	53,91	0,28
n. D.	1,34790	1,34784	1,34790	1,34795	
Nr. 3 Ref.	53,13	53,08	53,12	53,18	0,1
n. D.	1,34766	1,34764	1,34765	1,34768	
Nr. 4 Ref.	52,27	52,28	—	52,29	0,02
n. D.	1,34734	1,34734	—	1,34735	
Nr. 5 Ref.	53,94	53,97	53,92	—	0,05
n. D.	1,34796	1,34797	1,34795	—	
Nr. 6 Ref.	53,36	53,33	—	53,43	0,1
n. D.	1,34774	1,34773	—	1,34777	
Nr. 7 Ref.	53,51	53,58	—	53,50	0,08
n. D.	1,34780	1,34783	—	1,34780	

Versuch	Rechter Zeigefinger	Linker Zeigefinger	Rechtes Ohr	Linkes Ohr	Größte Differenz in Refraktom.-Teilstrichen
Nr. 8 Ref.	53,35	53,28	—	53,41	0,13
n.D.	1,34774	1,34771	—	1,34776	
Nr. 9 Ref.	52,93	52,99	—	52,68	0,31
n.D.	1,34758	1,34761	—	1,34749	
Nr. 10 Ref.	—	54,23	54,39	54,31	0,16
n.D.	—	1,34807	1,34813	1,34810	
Nr. 11 Ref.	53,36	53,49	—	53,11	0,38
n.D.	1,34774	1,34779	—	1,34769	

Ref. = Refraktometerablesung. n. D. = Brechungsindex.

Die Blutentnahmen in der vorstehenden Tabelle sind an Personen gemacht, welche mit dem Verfahren bekannt waren; die Übereinstimmung der einzelnen Werte einer Reihe untereinander ist eine sehr gute; in einigen Fällen ist die größte Differenz so gering, daß sie noch innerhalb der Fehlergrenze liegt. Die größte gefundene Differenz beträgt 0,38 Refraktometerteilstrich, also etwa 0,08 Proz. Eiweiß.

Tabelle V. Nicht eingeübte Personen.

Versuch	Rechter Zeigefinger	Linker Zeigefinger	Rechtes Ohr	Linkes Ohr	Größte Differenz in Refraktom.-Teilstrichen
Nr. 1 Ref.	60,01	—	—	60,05	0,04
n.D.	1,35021	—	—	1,35023	
Nr. 2 Ref.	56,58	—	—	56,59	0,01
n.D.	1,34969	—	—	1,34969	
Nr. 3 Ref.	54,95	55,12	—	55,07	0,17
n.D.	1,34834	1,34840	—	1,34839	
Nr. 4 Ref.	56,22	56,49	56,56	—	0,34
n.D.	1,34881	1,34891	1,34894	—	
Nr. 5 Ref.	57,93	57,82	57,68	—	0,25
n.D.	1,34944	1,34940	1,34935	—	
Nr. 6 Ref.	56,47	56,03	56,03	—	0,44
n.D.	1,34890	1,34874	1,34874		
Nr. 7 Ref.	54,74	54,00	54,74	54,39	0,74
n.D.	1,34826	1,34798	1,34826	1,34813	
Nr. 8 Ref.	58,45	—	—	58,11	0,34
n.D.	1,34964	—	—	1,34951	

Versuch	Rechter Zeigefinger	Linker Zeigefinger	Rechtes Ohr	Linkes Ohr	Größte Differenz in Refraktom.-Teilstrichen
Nr. 9 Ref.	58,91	58,83	57,84	58,05	1,07
n. D.	1,34981	1,34968	1,34941	1,34961	
Nr. 10 Ref.	59,32	59,76	—	59,27	0,49
n. D.	1,34996	1,35012	—	1,34994	
Nr. 11 Ref.	55,65	56,28	55,52	—	0,76
n. D.	1,34860	1,34883	1,34855	—	
Nr. 12 Ref.	56,68	56,44	57,09	—	0,65
n. D.	1,34898	1,34889	1,34913	—	
Nr. 13 Ref.	56,25	56,40	—	56,28	0,15
n. D.	1,34882	1,34888	—	1,34883	

Auch in dieser Tabelle findet sich eine gute Übereinstimmung der Werte einer jeden Reihe. Die größte Differenz erreicht mit einer Ausnahme niemals einen Refraktometerteilstrich; sie beträgt auch hier wie in Tabelle IV durchschnittlich nur 0,42 Refraktometerteilstrich (0,08 Proz. Eiweiß).

Tabelle VI. Nervöser Mensch.

Rechter Zeigefinger	Linker Zeigefinger	Rechtes Ohr	Linkes Ohr	Gr. Differenz in Ref.-Teilstrichen
61,18	60,08	—	—	1,10
1,35065	1,35024	—	—	
58,51	—	59,08	—	0,57
1,34966	—	1,34987	—	
57,21	56,92	—	55,55	1,66
1,34918	1,34907	—	1,34856	

Bei der vorstehenden Versuchsreihe handelt es sich um einen nervösen Patienten, welcher die Vorbereitung zu dem Versuch schon mit ängstlicher Spannung verfolgte und durch die Einstiche lebhaft erregt wurde. Hier zeigen die erhaltenen Werte keine Übereinstimmung. Die Differenz zwischen den einzelnen Proben in der dritten Reihe ist eine sehr große; sie beträgt 1,66 Refraktometerteilstrich (0,34 Proz. Eiweiß); es empfiehlt sich also nicht, zu derartigen Versuchen nervöse Personen heranzuziehen.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Versuche, bei denen auch aus anderen Körperteilen Blut entnommen wurde, niedergelegt. Es handelt sich hier zum Teil um Körpergebiete, aus denen das Blut nicht so leicht wie aus Ohr und aus Finger gewonnen werden konnte.

Tabelle VII.

Versuch	Recht. Zeigefinger	Linker Zeigefinger	Recht. Ohr	Linkes Ohr	Hals	Oberarm	Schulter	Rechter Fuß	Linker Fuß	Bauch	Rechtes Gesäß	Linkes Gesäß	Lippe	Wange	Daumen	Gr. Diff. in Ref.-Teil.-St.
Nr. 1	56,58	—	—	56,59	—	—	—	—	—	56,58	—	—	—	—	—	0,01
	1,34835	—	—	1,34835	—	—	—	—	—	1,34835	—	—	—	—	—	
Nr. 2	53,79	53,73	53,79	53,91	—	—	—	—	—	55,11	—	—	—	—	—	1,38
	1,34790	1,34784	1,34790	1,34795	—	—	—	—	—	1,34840	—	—	—	—	—	
Nr. 3	52,93	52,99	—	52,68	—	54,68	52,61	—	—	—	—	—	52,76	—	—	2,07
	1,34758	1,34761	—	1,34749	—	1,34824	1,34747	—	—	—	—	—	1,34752	—	—	
Nr. 4	—	53,36	—	53,51	—	—	—	54,11	—	—	—	—	53,37	—	—	0,75
	—	1,34774	—	1,34780	—	—	—	1,34802	—	—	—	—	1,34775	—	—	
Nr. 5	54,09	54,23	—	—	54,31	—	54,35	58,03	56,11	—	54,37	54,17	—	—	—	3,94
	1,34801	1,34807	—	—	1,34810	—	1,34811	1,34948	1,34877	—	1,34812	1,34805	—	—	—	
Nr. 6	—	—	51,85	51,83	—	—	—	53,38	52,81	—	—	—	51,85	—	—	1,55
	—	—	1,34717	1,34717	—	—	—	1,34775	1,34751	—	—	—	1,34717	—	—	
Nr. 7	—	—	—	52,15	52,31	—	—	—	—	—	—	—	—	52,13	—	0,18
	—	—	—	1,34730	1,34736	—	—	—	—	—	—	—	—	1,34729	—	
Nr. 8	—	—	54,70	54,68	—	—	53,99	—	—	—	—	—	—	—	53,92	0,78
	—	—	1,34825	1,34824	—	—	1,34798	—	—	—	—	—	—	—	1,34795	
Nr. 9	—	—	—	53,97	—	—	—	—	—	—	54,61	53,98	—	—	—	0,64
	—	—	—	1,34797	—	—	—	—	—	—	1,34821	1,34797	—	—	—	
Nr. 10	56,47	56,03	56,05	—	—	—	—	56,51	56,59	—	—	56,75	—	—	—	0,72
	1,34889	1,34874	1,34875	—	—	—	—	1,34892	1,34895	—	—	1,34901	—	—	—	
Nr. 11	58,45	—	—	58,11	57,52	58,78	—	58,38	—	—	58,24	58,73	—	—	—	1,26
	1,34964	—	—	1,34951	1,34929	1,34976	—	1,34961	—	—	1,34956	1,34974	—	—	—	

Die Werte der vorstehenden Tabelle zeigen bei weitem nicht eine so gute Übereinstimmung wie die der vorhergehenden. Fuß und Oberarm weisen in der Zusammenstellung erheblich höhere Werte auf, als die gleichzeitig an anderen Stellen entnommenen Blutproben. In der dritten Reihe hat der Oberarm einen um 1,68 Refraktometerteilstrich (0,34 Proz. Eiweiß) höheren Wert als der linke Zeigefinger und in der fünften Reihe hat der linke Fuß einen um 1,88, der rechte gar einen um 3,8 Refraktometerteilstrich höheren Wert als der Zeigefinger. In Eiweiß umgerechnet würde sich ergeben: das Serum des linken Fußes weist gegen das des Zeigefingers eine Eiweißvermehrung von 0,38 Proz. und das des rechten von 0,76 Proz. auf.

Es ist nun bemerkenswert, daß diese hohen Werte nur an den Körperstellen gefunden wurden, die verhältnismäßig wenig durchblutet werden. Aus diesen Stellen konnte ohne oder bei schwachem Druck überhaupt kein Blut erhalten werden, sondern erst dann, wenn der Druck verstärkt wurde. Danach ist vielleicht anzunehmen, daß diese Konzentrationszunahme zum großen Teil auf den vermehrten Druck zurückzuführen ist. Für diese Auffassung spricht wenigstens folgende Versuchsanordnung. Es wurden diejenigen Körperstellen, welche den hohen Wert aufwiesen, durch Heißluftbestrahlung erhitzt. So wurde eine Erweiterung der Kapillaren und damit eine reichlichere Durchblutung der Haut erzielt. Dabei zeigte sich dann, daß die Konzentration des Blutserums, welches aus jenen Körperstellen gewonnen war, herabging und sich der als normal anzusehenden von Ohr- und Fingerblut näherte.

In folgendem Versuch wurde auch der Zeigefinger der linken Hand mit Heißluft behandelt, und es ist bemerkenswert, daß ein an und für sich gut durchblutetes Gebiet, mit Heißluft behandelt, keine nennenswerte Herabsetzung der Serumkonzentration zeigt.

S., gesund. 25 J. Der Versuch wird in Rückenlage vorgenommen; Fuß, Oberarm und linker Zeigefinger werden vor der Blutentnahme so lange mit Heißluft erwärmt, bis sie eine aktive Hyperämie zeigen.

Ort der Entnahme	Zeit	Refr. Ablesung	Brechungsindex
Rechter Fuß	5^{37}—5^{41}	55,09	1,34839
Linkes Ohr	5^{42}	54,55	1,34819
Rechtes Ohr	5^{44}	54,58	1,34820
Lippe	5^{48}	54,15	1,34804
Linker Zeigefinger	5^{50}	53,92	1.34795
Rechtes Ohr	6^{06}	54,38	1,34812
Rechter Oberarm	6^{12}	54,08	1,34801
Linkes Ohr	6^{13}	54,21	1,34806

Das Resultat über die vergleichenden Untersuchungen der Serumkonzentration in verschiedenen Kapillargebieten der Haut kann dahin zusammengefaßt werden: An den Stellen, die reichlich vom Blut durchströmt sind, Ohr, Finger und Lippe, stimmt die Serumkonzentration überall sehr nahe miteinander überein.

Gelingt es, aus den Stellen, die weniger reichlich durchblutet sind, ohne größeren Druck Blut zu erhalten, so differieren diese Werte ebenfalls nur wenig von denen des Ohres, der Finger, der Lippe.

Vergleichende Untersuchungen zwischen Venen- und Kapillarblut.

Technik der Entnahme des Venenblutes: Die Versuchsperson ruhte auf einer Bahre; der Arm, an dem die Punktion vorgenommen werden sollte, lag auf einem Tisch, so daß er sich in Herzhöhe befand. Der Einstich der trocken sterilisierten Punktionsnadel geschah völlig ohne vorhergehende Stauung; das Venenblut wurde mit dem Kapillarblut aus Ohr und Finger verglichen; die Werte sind in Tabelle VIII zusammengestellt.

Tabelle VIII.

Versuch	Ort der Entnahme	Refr. Ablesung	Brechungsindex	Größte Differenz
Nr. 1	Linkes Ohr	53,50	1,34780	0,05
	Linker Zeigefinger	53,58	1,34783	
	Rechter Zeigefinger	53,51	1,34780	
	Ven. med. cub. dextra	53,55	1,34781	
Nr. 2	Linker Zeigefinger	53,58	1,34783	0,31
	Linke Ven. med. cub.	53,89	1,34794	
Nr. 3	Rechtes Ohr	57,00	1,34910	0,00
	Ven. med. cub. sin.	57,00	1,34910	
Nr. 4	Rechtes Ohr	55,58	1,34858	0,53
	Ven. med. cub. sin.	56,11	1,34879	

In einem Falle stimmt die Konzentration des Venenblutserums mit dem Serum des Kapillarblutes völlig überein. In einem zweiten Versuch liegt die Differenz innerhalb der Fehlergrenzen. In den Versuchen 2 und 4 weist das Serum der Vene eine um 0,31 (0,06 Proz. Eiweiß) und 0,53 (0,11 Proz. Eiweiß) Refraktometerteilstrich höhere Konzentration als das zum Vergleich herangezogene Kapillarblut auf. Aber auch diese Unterschiede sind nicht größer als die, welche wir zwischen den einzelnen Sera des Kapillarblutes aus verschiedenen Gebieten der Haut fanden. Das Venenblut des Menschen zeigt also eine nahezu gleiche Konzentration wie das Kapillarblut der Haut.

Untersuchungen zum Vergleich des Kapillarblutserums mit Arterienblutserum des Menschen wurden nicht vorgenommen. Auch am Tier

wurde darauf Verzicht geleistet, weil sich die nötigen Mengen Kapillarblut nicht gewinnen ließen.

Vergleich zwischen Serum der Vene und Arterie.

Diese Versuche wurden am Tier durchgeführt.

Als Versuchstiere dienten Hunde oder Kaninchen.

Die Blutentnahme wurde in tiefer Äthernarkose vorgenommen, um jede Schmerzempfindung und damit verbundene Muskelaktion auszuschließen. Es wurde die Karotis der einen Seite freigelegt, distal abgebunden, zentral mit einer Klemme versehen und eine Kanüle eingelegt, aus der das Blut beim Öffnen der Klemme hervorspritzte. Das Venenblut wurde erhalten durch Anschneiden einer Ohrvene (Kaninchen) oder durch Anschneiden eines Seitenastes der V. femoralis oder jugularis. In einem Falle wurde das Blut der Karotis mit dem der V. cava verglichen; letzteres wurde durch Punktion gewonnen; auch bei diesen Versuchen wurde jede Stauung vermieden. Es wurden in längeren oder kürzeren Intervallen mehrere Blutproben sowohl aus der Karotis wie aus der Vene entnommen. In einer Horizontalreihe der folgenden Zusammenstellung finden sich stets die Werte für die gleichzeitig entnommenen Proben.

Tabelle IX.

Versuch	Karotis:		Vene:		Differenz in Refraktometerteilstrich
	Refraktom.-Ablesung	Brechungsindex	Refraktometer-Ablesung	Brechungsindex	
Nr. 1	54,20	1,34806	54,22 jugul.	1,34807	0,02
	55,65	1,34860	55,22 „	1,34844	0,43
Nr. 2	53,95	1,34796	54,46 fem.	1,34816	0,51
	54,20	1,34806	54,66 „	1,34823	0,46
	54,06	1,34800	54,53 „	1,34818	0,47
	54,21	1,34806	54,16 „	1,34804	0,05
Nr. 3	52,38	1,34738	52,44 Ohrvene	1,34764	0,06
	52,51	1,34743	52,69 „	1,34750	0,18
	52,48	1,34742	53,09 jugul.	1,34760	0,61
	50,82	1,34680	50,89 V. cava	1,34683	0,02
Nr. 4	54,71	1,34825	55,01 fem.	1,34836	0,30
	54,73	1,34826	54,92 „	1,34833	0,19

In der gleichen Reihe der Versuche zeigt das Venenblutserum fast die gleiche Konzentration wie das Arterienblutserum. In den meisten Fällen ist das Serum der Vene ein wenig konzentrierter als das der Arterie. Der Unterschied beträgt bis zu einem halben Refraktometerteilstrich (0,1 Proz. Eiweiß); nur in einem Falle zeigt das Serum der Karotis einen höheren Wert als das der Vene. Es wäre denkbar, daß die geringe Konzentrationszunahme des Venenblutserums auf dessen Kohlensäuregehalt zu beziehen wäre (siehe folgenden Abschnitt).

Untersuchungen über den Einfluß der Kohlensäure auf die Konzentration des Blutserums.

Leitet man Kohlensäure in Blut, so steigt dessen osmotischer Druck an und bewirkt eine Konzentrationszunahme des Serums (Hamburger).

Es erschien nun wissenswert, zu prüfen, ob die Konzentrationszunahme im Venenblutserum bei Stauungen nur auf den vermehrten Kohlensäuregehalt zurückzuführen sei oder ob auch ein Flüssigkeitsaustausch zwischen Blut und Gewebe stattfinde.

Man kann die Größe des Einflusses der Kohlensäure bestimmen, wenn man durch Blut, welches an der Gerinnung gehindert ist, Sauerstoff leitet und so die Kohlensäure austreibt. Untersucht man das Serum vor und nach der Arterialisierung des Blutes, so findet man, daß das Serum des arterialisierten Blutes eine Konzentrationsabnahme gegenüber dem des nicht arterialisierten zeigt. Die Differenz zwischen den beiden Werten stellt dann den Anteil der Kohlensäure an der Eindickung des Serums dar.

Technik der Entnahme und Behandlung des Blutes.

1. Kapillarblut: Größere Mengen Kapillarblut wurden gewonnen durch einen Schnitt ins Ohr oder Finger. Zum Auffangen des Blutes wurden möglichst kleine Gläschen gewählt, um ein Herabrinnen an der Gefäßwand und damit eine innigere Berührung des Blutes mit dem Luftsauerstoff zu verhüten. Die Röhrchen entsprachen etwa der Kuppe eines Reagenzglases, und enthielten einige Körnchen Hirudin, um die Gerinnung des aufgefangenen Blutes zu vermeiden. Das Blut wurde sogleich mit Paraffin. liquid. überschichtet und mit einem Glasstäbchen umgerührt.

2. Venenblut: Das Venenblut wurde durch Aderlaß gewonnen.

Die Vene wurde vorher bei den verschiedenen Versuchen mit verschiedenem Druck gestaut. Zuerst wurde das Blut in ein Glaskölbchen, welches einige Glasperlen enthielt, aufgefangen. Durch fortwährendes Schütteln wurde das Blut defibriniert, und gleichzeitig arterialisiert. Um es völlig mit Sauerstoff zu sättigen, wurde einige Minuten lang reiner mit Wasserdampf gesättigter Sauerstoff durchgeleitet. Da jedoch bei diesem Verfahren häufig Hämolyse eintrat, wurde in einer Reihe von Versuchen ein anderes Verfahren angewendet. Das Blut wurde in einem Reagenzröhrchen mit Hirudin aufgefangen, mit Paraff. liquid. überschichtet und mit einem Glasstäbchen durchmischt. Ein Teil davon wurde durch Schütteln, ein anderer durch Durchleiten von Sauerstoff arterialisiert. Das Ergebnis der Untersuchung über den Einfluß der Kohlensäure bei verschiedenen Graden der Stauung geben die folgenden beiden Tabellen.

Tabelle X.

Versuch	Grad und Art der angewandten Stauung	Venös gelass. Teil	Art. Teil des Serums	Einfluß des CO_2 in Refr.-Teilstrichen
Nr. 1	105—135 cm H_2O	62,22 1,35107	59,71 1,35010	2,51
Nr. 2	Stauung durch die mäßig gespannte Gummibinde	57,38 1,34924	55,18 1,34843	1,80

Versuch	Grad und Art der angewandten Stauung	Venös gelass. Teil	Art. Teil des Serums	Einfluß des CO_2 in Refr.-Teilstrichen
Nr. 3	Stauung durch die mäßig gespannte Gummibinde	58,51 1,34996	57,23 1,34919	1,28
Nr. 4	Stauung durch senkrechtes Herabhängenlassen d. Armes	54,11 1,34802	53,63 1,34784	0,48
Nr. 5	do.	55,34 1,34849	54,56 1,34819	0,78
Nr. 6	do.	56,73 1,34900	56,00 1,34872	0,73
Nr. 7	Ungestaut	52,16 1,34730	51,54 1,34707	0,62
Nr. 8	do.	53,11 1,34765	52,43 1,34740	0,68

Tabelle XI.

Versuch	Grad und Art der angewandten Stauung	Venös gelass. Teil	Art. Teil des Serums	Einfluß des CO_2 in Refr.-Teilstrichen
Nr. 1	125—130 cm H_2O	79,30 1,34725	77,30 1,35652	2,00
Nr. 2	105—135 cm H_2O	62,59 1,34117	61,04 1,35060	1,55
Nr. 3	Stauung mit mäßig gespannter Gummibinde	58,55 1,34967	56,63 1,34897	1,92
Nr. 4	do.	58,11 1,34951	57,19 1,34917	0,92
Nr. 5	80—90 cm H_2O	64,11 1,35172	63,25 1,35145	0,86
Nr. 6	Stauung durch Herabhängenlassen der Armes	59,12 1,34988	58,57 1,34968	0,55
Nr. 7	do.	54,21 1,34806	53,81 1,34791	0,40
Nr. 8	do.	57,59 1,34932	56,91 1,34907	0,68
Nr. 9	do.	53,11 1,34765	52,74 1,34751	0,37

In der Tabelle XI finden sich die Werte der Versuche mit Hirudin zusammengestellt. Es ist zu bemerken, daß das Plasma des mit Hirudin aufgefangenen Blutes infolge seines Fibrinogen- und Hirudingehaltes etwas höhere Werte als das Serum des ohne Hirudin aufgefangenen gibt.

Aus den vorstehenden Zusammenstellungen geht hervor, daß bei starken Stauungen der Einfluß der Kohlensäure ein größerer ist, als bei geringen. Er beträgt bei der stärksten Stauung zwei Refraktometerteilstriche (0,4 Proz. Eiweiß). Bei den geringeren Stauungsgraden, die wir zum Teil als physiologische bezeichnen dürfen, beträgt er nur etwas mehr wie einen halben Refraktometerteilstrich (0,1 Proz. Eiweiß).

Zuerst wurde angenommen, daß nur venöses Blut eine Konzentrationsabnahme bei der Arterialisierung zeigt. Versuche mit Kapillar- und Arterienblut ergaben aber, daß auch hier eine Konzentrationsabnahme beim Durchleiten von Sauerstoff eintritt, die gewonnenen Resultate sind in den folgenden beiden Tabellen zusammengestellt.

Tabelle XII. Einfluß der Arterialisierung auf Kapillarblut.

Versuch	Ort der Entnahme	Unbehandelter Teil	Mit O behandelter Teil	Differenz in Refr.-Teilstrichen
Nr. 1	Ohr	Refr. 54,59 n. D. 1,34820	54,00 1,34798	0,59
Nr. 2	Ohr	Refr. 56,91 n. D. 1,34907	56,29 1,34887	0,62
Nr. 3	Finger	Refr. 56,27 n. D. 1,34887	55,59 1,34853	0,68
Nr. 4	Ohr	Refr. 65,22 n. D. 1,35217	64,98 1,35204	0,24

Tabelle XIII. Einfluß der Arterialisierung auf Arterienblut.

Versuch	Unbehandelter Teil	Arterialis. Teil	Differenz in Refraktometerteilstrichen
Nr. 1	Refr. 55,59 n. D. 1,34858	54,97 1,34835	0,62
Nr. 2	Refr. 54,41 n. D. 1,34814	54,09 1,34801	0,32
Nr. 3	Refr. 55,29 n. D. 1,34847	55,03 1,34837	0,26

In allen Fällen findet man beim Arterialisieren des Kapillarblutes eine Abnahme der Serumkonzentration; sie beträgt im Durchschnitt 0,53 Refraktometerteilstrich (0,11 Proz. Eiweiß).

Das Arterienblut wurde aus der Karotis des tiefnarkotisierten Tieres gewonnen. Es wurden folgende Veränderungen der Serumkonzentration beim Durchleiten von Sauerstoff gefunden. (S. Tabelle XIII.)

Beim Durchleiten von Sauerstoff durch Arterienblut findet ebenfalls regelmäßig eine Konzentrationsabnahme des Serums statt. Sie beträgt im Durchschnitt 0,40 Refraktometerteilstrich (0,08 Proz. Eiweiß). Die Abnahme beim Kapillar- und Arterienblutserum ist also nicht viel kleiner als die, die man beim Arterialisieren des Blutes aus der ungestauten Vene erhält. Die Abnahme betrug dort 0,68 und 0,63 Refraktometerteilstrich.

Da bei Zunahme der Kohlensäurespannung im Blute, wie sie speziell bei der Stauung stattfindet, die Serumkonzentration in stärkerem Maße steigen kann, so erscheint es zweckmäßig, bei allen Untersuchungen über die Konzentrationszunahme des Venenblutserums durch Stauung oder andere Kohlensäurespannung beeinflussende Momente den Anteil, den die Kohlensäure daran hat, zu bestimmen.

Untersuchung über das Verhalten des Venenblutserums bei Stauungen.

Seit den Untersuchungen Cohnheims war bekannt, daß die Konzentration des Venenblutes bei Stauungen zunimmt, und zwar durch Übertritt einer eiweißarmen Flüssigkeit aus den Kapillaren ins Gewebe. Die Erythrozyten, das spezifische Gewicht des Blutes, der Trockenrückstand sind im gestauten Bezirk vermehrt (Schulz und Wagner, Grawitz). Neuerdings hat Asher es für unwahrscheinlich erklärt, daß erhöhtem Venendruck unter normalen Verhältnissen ein nennenswerter Einfluß auf den Flüssigkeitsaustausch zwischen Blut und Gewebe zukäme.

Die folgenden Versuche wurden unternommen, um die Stärke der Eindickung im Serum des Venenblutes bei Stauungen, die Abhängigkeit von Intensität und Dauer derselben zu prüfen und festzustellen, ob auch die normalerweise vorkommenden Stauungsgrade von Einfluß auf die Serumkonzentration sind.

Technik.

Zur Stauung wurde der von Recklinghausen angegebene Blutdruckapparat verwendet; die Manschette wurde um den Oberarm gelegt, und es konnte durch Einpumpen von Luft ein beliebiger, zahlenmäßig bestimmbarer Stauungsgrad erreicht werden. Er wurde während des ganzen Versuches konstant gehalten. Der Grad der

Stauung schwankte zwischen 120—130 cm Wasser und 19—24 cm Wasser. In einer weiteren Reihe von Versuchen wurde die Stauung durch einfaches schlaffes Herabhängen des Armes erzielt. Es wurde darauf geachtet, daß dabei jede Muskelarbeit ausgeschaltet wurde.

Bei den Versuchen sollte mehrmals Blut aus der Vene entnommen werden. Wir bedienten uns dazu einer Lumbalpunktionsnadel von mittlerer Weite. Bewegt sich der Mandrin leicht in der Lichtung der Nadel, liegt diese selbst gut in der Vene, so kann man eine ganze Reihe Entnahmen machen, ohne daß Zeichen der Gerinnung auftreten. Beim Herausziehen des Mandrins fließt das Blut tropfenweise oder im Strahl, je nach dem Grade der Stauung ab. Es wurden kleine U-Röhrchen, oder aber, falls der Kohlensäureeinfluß bestimmt werden sollte, Reagenzgläschen mit Blut gefüllt. Diese wurden, wie weiter oben beschrieben, behandelt.

Die folgende Tabelle XIV enthält einige Stauungsversuche. In der ersten Spalte finden sich die zu Beginn des Versuches entnommenen Vergleichswerte aus Ohr und Zeigefinger. Die nächsten Spalten enthalten die Werte der Proben, die aus der gestauten Vene entnommen sind.

Tabelle XIV.

Versuch	Vergleichprobe	Entnahme aus der Vene nach 5 Minuten Stauung	Entnahme aus der Vene nach 10 Minuten Stauung	Entnahme aus der Vene nach 15 Minuten Stauung	Entnahme aus der Vene nach 20 Minuten Stauung
Nr. 1	Zeigefinger: Refr. 56,40 n. D. 1,34888 Ohr: Refr. 56,28 n. D. 1,34883	Refr. 67,91 n. D. 1,35313	—	—	—
Nr. 2	Zeigefinger: Refr. 57,51 n. D. 1,34929	—	—	Refr. 67,89 n. D. 1,35312	Refr. 67,48 n. D. 1,35297
Nr. 3	Zeigefinger: Refr. 55,12 n. D. 1,34840 Ohr: Refr. 55,07 n. D. 1,34839	Refr. 59,03 n. D. 1,34985	Refr. 65,54 n. D. 1,35225	Refr. 69,35 n. D. 1,35377	Refr. 74,69 n. D. 1,35558

Zu Beginn eines jeden Versuches zeigt sich eine gute Übereinstimmung der Werte aus Ohr und Zeigefinger. Wie weiter oben ausgeführt wurde, dürfen wir annehmen, daß auch das Serum der Vene zu Beginn der Versuche einen ähnlichen Wert wie das Serum des Kapillarblutes gehabt hat. Nach der Stauung steigt die Konzentration des Venenblutserums stets an. In Versuch 3 z. B. auf 59,03 — 65,54 — 69,35

— 74,69. In Eiweiß umgerechnet würde sich ergeben, wenn man den Eiweißgehalt des Venenblutserums vor der Stauung ähnlich dem des Kapillarblutserums gleich 7,2—7,4 Proz. annimmt, eine Steigerung auf 8,08 Proz. — 9,46 Proz. — 10,27 Proz. — bis 11,40 Proz.

In dem folgenden Versuche wurde die Größe des Einflusses der vermehrten Kohlensäurespannung an der durch Stauung erzielten Konzentrationszunahme des Venenblutserums bestimmt.

Versuch 1.

Entnahme aus dem Ohr vor der Stauung .	Refr.	54,98	n. D. 1,34832
Entnahme aus der Vene nach 15 Minuten Stauung (115—120 cm Wasser) . .	„	69,77	„ „ 1,35380
Arterialisierter Anteil des Venenblutes . .	„	68,77	„ „ 1,35350

Anteil der Kohlensäure an der Eindickung 0,84 Refraktometerteilstrich

Entnahme ans der Vene nach 20 Minuten Stauung (Hirudinröhrchen):

Venös gelassener Teil	Refr.	79,28	n. D. 1,35724
Arterialisierter Teil	„	77,31	„ „ 1,35653

Anteil der Kohlensäure an der Eindickung 1,97 Refraktometerteilstrich.

Der nach 20 Minuten Stauung gewonnene Wert liegt noch höher, kann jedoch mit dem vorigen nur annähernd verglichen werden, weil die Hirudinröhrchen etwa einen Teilstrich höhere Werte geben, als die ohne Hirudin aufgefangenen Blutproben. Hier würde sich eine Eiweißvermehrung im Serum der Vene von etwa 4,65 Proz. Eiweiß ergeben. Davon entfielen auf die Kohlensäurewirkung nur 0,4 Proz. Eiweiß; der Rest der Konzentrationszunahme des Serums (4,25 Proz. Eiweiß) ist auf Rechnung eines Flüssigkeitsübertritts aus dem Blut ins Gewebe zu setzen.

Versuch 2.

Entnahme aus dem Ohr vor der Stauung .	Refr.	59,46	n. D. 1,35001
Entnahme von der Vene nach 5 Minuten Stauung (120—130 cm Wasser) . .	„	64,11	„ „ 1,35172
Arterialisierter Teil	„	63,29	„ „ 1,35127

Einfluß der Kohlensäure an der Eindickung 0,82 Refraktometerteilstrich

Versuch 3.

Entnahme aus dem Ohr vor der Stauung	Refr.	51,05	n. D. 1,34689
Entnahme aus der Vene nach 15 Minuten Stauung (Hirudinröhrchen):			
Venös gelassener Teil	Refr.	62,59	n. D. 1,35117
Arterialisierter Teil	„	61,04	„ 1,35060

Anteil der Kohlensäure an der Eindickung 1,55 Refraktometerteilstrich.

Die vorstehenden drei Versuche zeigen, daß der Kohlensäure, bei der durch Stauung hervorgerufenen Konzentrationszunahme im Venenblutserum, nur eine geringe Rolle zukommt. Viel größer ist die Bedeutung des Flüssigkeitsübertrittes aus dem Blut ins Gewebe.

Nun ist in den Versuchen eine so hohe Stauung angewendet worden, wie sie normalerweise bei gesunden Menschen wohl kaum beobachtet wird. Die folgenden Versuche wurden deshalb mit Stauungsgraden unternommen, die als physiologische bezeichnet werden dürfen.

Versuch 1: E., Mitral- und Aorteninsuffizienz, 26 Jahre, Stauung mit 40—50 cm Wasser. Die Entnahme vor der Stauung aus Ohr und Zeigefingern ergab folgende Serumwerte:

Linker Zeigefinger	56,48	n. D. 1,34891
Rechter Zeigefinger	57,09	„ 1,34913
Linkes Ohr	56,68	„ 1,34898

Blutentnahme aus der Vene:

Nach 3 Minuten Stauung . . .	57,78	n. D. 1,34939
„ 5 „ „ . . .	57,81	„ 1,34940

Entnahme aus dem Zeigefinger der nicht gestauten Hand:

55,64 n. D. — 1,34860

Versuch 2: E., Magenneurose, 42 Jahre, Stauung 40—50 cm Wasser; Entnahme aus Ohr und Zeigefinger vor der Stauung ergab folgende Werte:

Linker Zeigefinger	57,93	n. D. 1,34944
Rechter Zeigefinger	57,82	„ 1,34940
Linkes Ohr	57,68	„ 1,34935

Die Entnahmen aus der Vene ergaben folgende Werte:

Nach 8 Minuten Stauung . . .	60,98	n. D. — 1,35057
„ 12 „ „ . . .	59,68	„ — 1,35009
„ 15 „ „ . . .	61,51	„ — 1,35077
Entnahme aus dem linken Ohr .	54,43	„ — 1,34814

In den beiden vorstehenden Versuchen wurde mit einer geringen Stauung gearbeitet; infolgedessen ist auch die Konzentrationszunahme geringer als bei den starken Stauungen.

Um den physiologischen Bedingungen noch näher zu kommen, wurde in den folgenden Versuchen die venöse Stauung durch schlaffes Herabhängenlassen des Armes der horizontal auf einer Bahre ruhenden Versuchsperson erzeugt. Nach Recklinghausens Untersuchungen stehen dabei die Venen des Unterarmes unter einem Druck von etwa 40 cm Wasser.

Versuch 3: S., gesund, 25 Jahre. Vor der Stauung ergab die refraktometrische Untersuchung für Ohr und Zeigefinger folgende Serumwerte:

Linkes Ohr	52,29	n. D.	1,34725
Rechter Zeigefinger	52,28	„	1,34724
Linker Zeigefinger	52,27	„	1,34724

12,04 h Stauung mit 15—20 cm Wasserdruck.

Die Entnahmen aus der Vene des gestauten Armes und aus dem Zeigefinger des ungestauten Armes ergaben folgende Refraktometerwerte:

Zeit	Finger der ungestauten Hand		Vene des gestauten Armes	
	Refraktometer-Ablesung	Brechungs-Index	Refraktometer-Ablesung	Brechungs-Index
12,08 h	52,63	1,34747	—	—
12,09 h	—	—	53,00	1,34761
12,12 h	—	—	53,54	1,34781
12,14 h	52,92	1,34758	—	—
12,28 h	52,98	1,34760	—	—
12,31 h	—	—	53,81	1,34791
12,32 h	Lösen der Stauungsbinde			
12,34 h	—	—	52,55	1,34744
12,37 h	—	—	52,58	1,34746
12,40 h	—	—	52,55	1,34744
12,43 h	52,93	1,34758	—	—
12,44 h	Stauung durch schlaffes Herabhängenlassen des Armes			
12,47 h	—	—	53,97	1,34797
12,50 h	52,97	1,34760	—	—
12,52 h	—	—	54,61	1,34798
12,55 h	53,01	1,34761	—	—

Während des ganzen Versuches bleibt der Wert des Kapillarblutes konstant. Das Serum des Venenblutes zeigt sowohl bei der Stauung mit der Manschette wie auch bei der durch Herabhängenlassen des Armes erzielten Stauung eine Eindickung, die allerdings nur gering ist. Beim Lösen der Stauungsbinde sinkt die Serumkonzentration augenblicklich herab, und zwar zeigt sie einen geringeren Wert als das gleichzeitig entnommene Kapillarblutserum aus dem Finger des nicht gestauten Armes.

Versuch 4 (siehe Fig. 2). S., gesund, 25 Jahre. Entnahme aus Ohr und Zeigefingern vor der Stauung:

Rechter Zeigefinger	52,94	n. D. —	1,34796
Linkes Ohr	53,92	„ —	1,34795
Linker Zeigefinger	53,97	„ —	1,34797

Stauung mit 30—35 cm Wasserdruck.

Zeit	Finger der ungestauten Hand		Vene des gestauten Armes	
	Refraktometer-Ablesung	Brechungs-Index	Refraktometer-Ablesung	Brechungs-Index
12,20 h	53,94	1,34796	—	—
12,21 h	Stauung			
12,31 h	—	—	54,68	1,34924
12,33 h	54,09	1,34801	—	—
12,36 h	—	—	54,76	1,34827
12,40 h	54,08	1,34801	—	—
12,42 h	—	—	54,97	1,34838
12,44 h	—	—	55,18	1,34843
12,45 h	Lösung der Stauungsbinde			
12,47 h	54,43	1,34814	—	—
12,49 h	—	—	53,70	1,34787
12,54 h	—	—	53,89	1,34797
12,55 h	Stauung durch schlaffes Herabhängenlassen des Armes			
12,56 h	54,15	1,34804	—	—
1,05 h	—	—	56,97	1,34909
1,08 h	—	—	57,01	1,34910
1,09 h	Arm wird in die Horizontallage zurückgebracht			
1,12 h	—	—	54,21	1,34806
1,15 h	54,56	1,34819	—	—
1,18 h	—	—	53,73	1,34788
1,20 h	54,88	1,34831	—	—

Der Versuch zeigt ebenso wie der vorhergehende, daß schon die geringen physiologischen Stauungen genügen, eine Eindickung des Serums der Vene hervorzurufen; auch hier findet nach Lösen der Stauungsbinde, resp. nach Zurückbringen des herabhängenden Armes in Herzhöhe ein Abfall der Konzentration im Serum der Vene unter die des Kapillarblutes statt. Ganz gleich verlief der folgende Versuch.

Versuch 5. S., gesund, 25 Jahre. Entnahme aus Ohr und Zeigefingern zu Beginn des Versuches:

Linkes Ohr	53,43	n. D.	— 1,34777
Linker Zeigefinger	53,33	„	— 1,34773
Rechter Zeigefinger	53,36	„	— 1,34774

12,34 h Stauung durch schlaffes Herabhängenlassen des Armes.

Zeit	Entnahme aus der Vene	
	Refraktometer-Ablesung	Brechungs-Index
12,35 h	55,61	1,34859
12,38 h	Zurückbringen des Armes in Herzhöhe	
12,46 h	52,13	1,34729
12,51 h	Schlaffes Herabhängenlassen des Armes	
12,59 h	55,63	1,34859
1,01 h	Zurückbringen des Armes in Herzhöhe	
1,06 h	52,51	1,34743

Die beiden folgenden Versuche wurden unternommen, um den Einfluß der Kohlensäure an der Konzentrationszunahme im Venenblutserum bei Herabhängenlassen des Armes zu bestimmen.

Versuch 6 (siehe Fig. 3). S. gesund, 25 Jahre. Entnahme aus Ohr und Zeigefingern ergeben folgende Werte:

Linkes Ohr	52,68	n. D. 1,34750
Linker Zeigefinger	52,99	„ 1,34761
Rechter Zeigefinger	52,93	„ 1,34758

Zeit	Finger der ungestauten Hand	Vena mediana des gestauten Armes			
		Teil ohne Hirudin		Teil mit Hirudin	
		Venöser Teil	Art. Teil	Venöser Teil	Art. Teil
12,17 h	Schlaffes Herabhängenlassen des Armes				
12,26 h	—	56,73	56,00	—	—
	—	1,34900	1,34873	—	—
12,27 h	—	56,66	—	57,79	56,91
	—	1,34897	—	1,34939	1,34907
12,29 h	Zurückbringen des Armes in Herzhöhe				
12,34 h	53,52	52,16	51,54	—	—
	1,34780	1,34730	1,34707	—	—
12,36 h	—	52,19	—	53,11	52,43
	—	1,34731	—	1,34765	1,34740
12,45 h	Schlaffes Herabhängenlassen des Armes				
12,46 h	—	53,42	—	—	—
	—	1,34777	—	—	—
12,48 h	—	54,14	—	—	—
	—	1,34803	—	—	—
12,50 h	—	55,31	—	—	—
	—	1,34848	—	—	—
12,51 h	Zurückbringen des Armes in Herzhöhe				
12,51 h	—	54,82	—	—	—
	—	1,34829	—	—	—
12,52 h	—	53,89	—	—	—
	—	1,34794	—	—	—
1,00 h	53,58	—	—	—	—
	1,34783	—	—	—	—

Versuch 7. S. gesund, 25 Jahre. Entnahme aus Ohr und Zeigefinger vor dem Versuch:

Rechtes Ohr	53,41	n. D. — 1,34776
Linker Zeigefinger	53,28	„ — 1,34771
Rechter Zeigefinger	53,25	„ — 1,34774

Schlaffes Herabhängenlassen des Armes.

Vene, unbehandelter Teil		Vene, arterialisierter Teil	
Refraktometer-Ablesung	Brechungs-Index	Refraktometer-Ablesung	Brechungs-Index
54,32	1,34810	—	—
54,11	1,34802	—	—
54,21	1,34806	53,81	1,34791
55,34	1,34849	54,56	1,34819
Zurückbringen des Armes in Herzhöhe			
53,69	1,34737	—	—

Eine Reihe weiterer Versuche zeigte ganz das gleiche Verhalten.

In allen Fällen folgte auf venöse Stauung eine Eindickung des Blutserums der Vene; die Kohlensäure hat einen gewissen Anteil daran; der Hauptteil ist auf einen Übertritt von eiweißarmer Flüssigkeit aus der Blutbahn ins Gewebe zu beziehen. Beim Lösen der Stauungsbinde sinkt die Konzentration des Venenblutserums der gestauten Extremität unter die Konzentration des Kapillarblutserums des übrigen Körpers. Das Absinken der Konzentration im Venenblutserum ist wohl auf einen Rücktritt der vorher aus dem Blute ausgetretenen eiweißarmen Flüssigkeiten aus dem Gewebe in die Blutbahn zurückzuführen.

Ergebnisse.

1. Der Ablesungsfehler bei der refraktometrischen Methode ist so klein, daß er praktisch vernachlässigt werden kann.

2. Das zu untersuchende Serum muß vollkommen klar und hämoglobinfrei sein.

3. Bei der Blutentnahme ist Druck in der Nähe der Einstichstelle nach Möglichkeit zu vermeiden.

4. Bei Körperruhe sinkt die Serumkonzentration erst rasch, dann langsam ab, um nach etwa $^1/_2$ Stunde einen Wert zu erreichen, der von nun ab lange konstant bleibt.

5. Vergleichende Untersuchungen über das Kapillarblut ergaben: a) Das Blutserum gut durchbluteter Körperstellen zeigt eine völlige Übereinstimmung (Ohr, Finger, Lippe); b) das Serum des Kapillarblutes, welches aus Körperprovinzen stammt, aus denen es nur mit größerem Drucke gewonnen werden kann, zeigt höhere Werte. Sie sind vermutlich durch den stärkeren Druck bedingt. Sorgt man für gute Durchblutung (Heißluft), und kann man das Blut ohne Druck gewinnen, so erhält man hier Serumwerte, welche nur wenig höher sind, als die aus Ohr, Finger und Lippe.

6. Kapillar- und Venenblutserum stimmen in ihrer Konzentration fast völlig überein (bei Körperruhe). Bestehen geringe Unterschiede, so ist das Serum der Vene konzentrierter als das des Kapillarblutes.

7. Arterien- und Venenblutserum stimmen bei Körperruhe ebenfalls überein.

8. Sauerstoffdurchleitung durch Blut bewirkt in allen Fällen Konzentrationsabnahme des Serums. Bei starker Stauung ist sie im Venenblut größer als bei geringer Stauung. Die Konzentrationsabnahme des aus der ungestauten Vene gewonnenen Blutserums ist kaum größer als die des Kapillar- und Arterienblutserums.

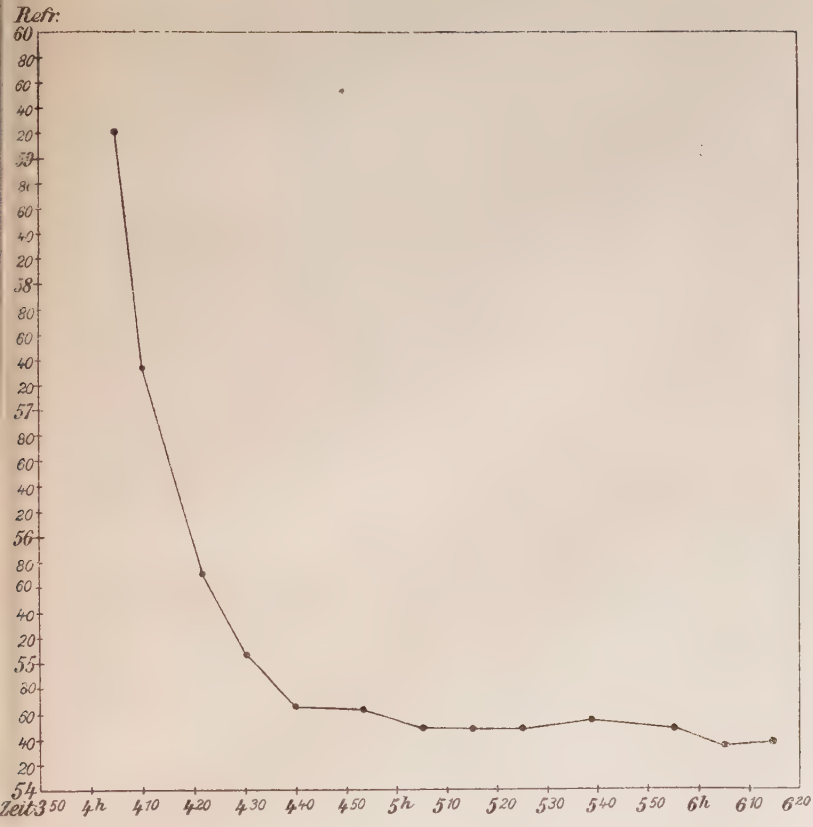
9. Starke Stauung des Venenblutes bewirkt sehr ausgesprochene Eindickung im Serum; aber auch schwächere Stauung, wie sie physiologisch vorkommt (z. B. schlaffes Herabhängenlassen des Armes) bewirken eine deutliche Eindickung.

10. Die Konzentrationszunahme im Venenblutserum beruht nur zum kleineren Teil auf der Einwirkung der Kohlensäure. Der größere Teil ist wahrscheinlich durch Übertritt von eiweißarmer Flüssigkeit aus dem Blutserum ins Gewebe zu erklären.

11. Wird nach voraufgegangener Stauung, selbst wenn sie nur gering war, die normale Zirkulation wiederhergestellt, so sinkt die Konzentration des Venenblutserums unter die Konzentration des Kapillarblutes. Diese Versuche sprechen für einen Rücktritt von Gewebswasser ins Blut.

Literatur.

1. Asher, Untersuchungen über die physiologische Permeabilität der Zellen. Biochem. Zeitschr., Bd. XIV, H. 1 u. 2.
2. Böhm, Fortgesetzte Untersuchungen über die Permeabilität der Gefäßwände. Biochem. Zeitschr., Bd. XVI, H. 4 u. 5.
3. Böhme, Über den Einfluß der Muskelarbeit auf die Konzentration des Blutserums. Verhandl. d. Kongr. f. innere Med., Wiesbaden 1910.
4. Cohnstein und Zuntz, Untersuchungen über den Austausch zwischen Blut und Geweben. Pflügers Archiv, Bd. XLII.
5. Grawitz, Klinisch-experimentelle Untersuchungen. Zeitschr. f. klin. Med., Bd. XXI.
6. Grober, Quantitative Zuckerbestimmung mit dem Eintauchrefraktometer. Zentralbl. f. innere Med., Nr. 8.
7. Höber, Die physikalische Chemie in der Physiologie, der Resorption, Lymphbildung und Sekretion.
8. Richter-Koranyi, Ein Handb. d. phys. Chemie u. Med.
9. Krüger, Beiträge zur Kenntnis des arteriellen und venösen Blutes. Zeitschr. f. Biologie, Bd. XXVI.



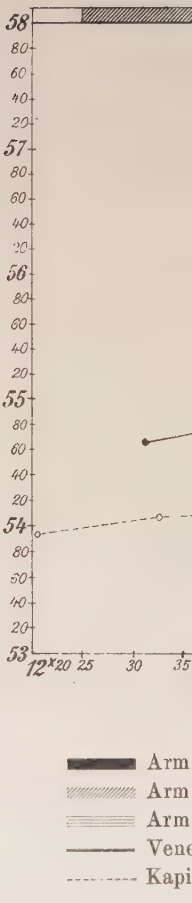


Fig. 1.

Einfluß der Ruhe auf die Serumkonzentration.

g. 2. (Versuch Nr. 4.)

hlaff herabhängen lassen.
stau mit 30—35 cm Wasserhöhe.
rizontal gelagert.
lutserum.
rblutserum.

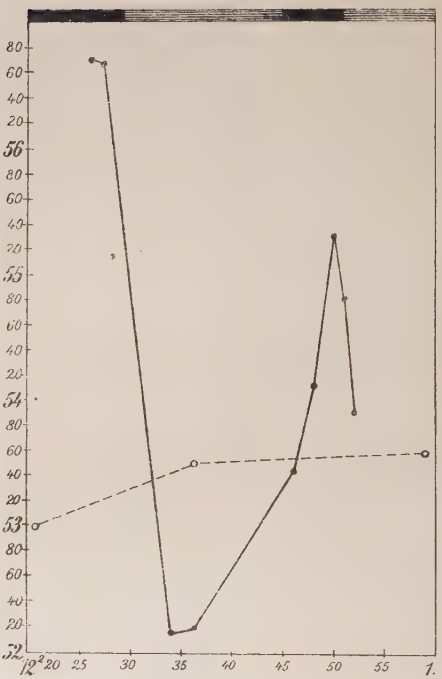
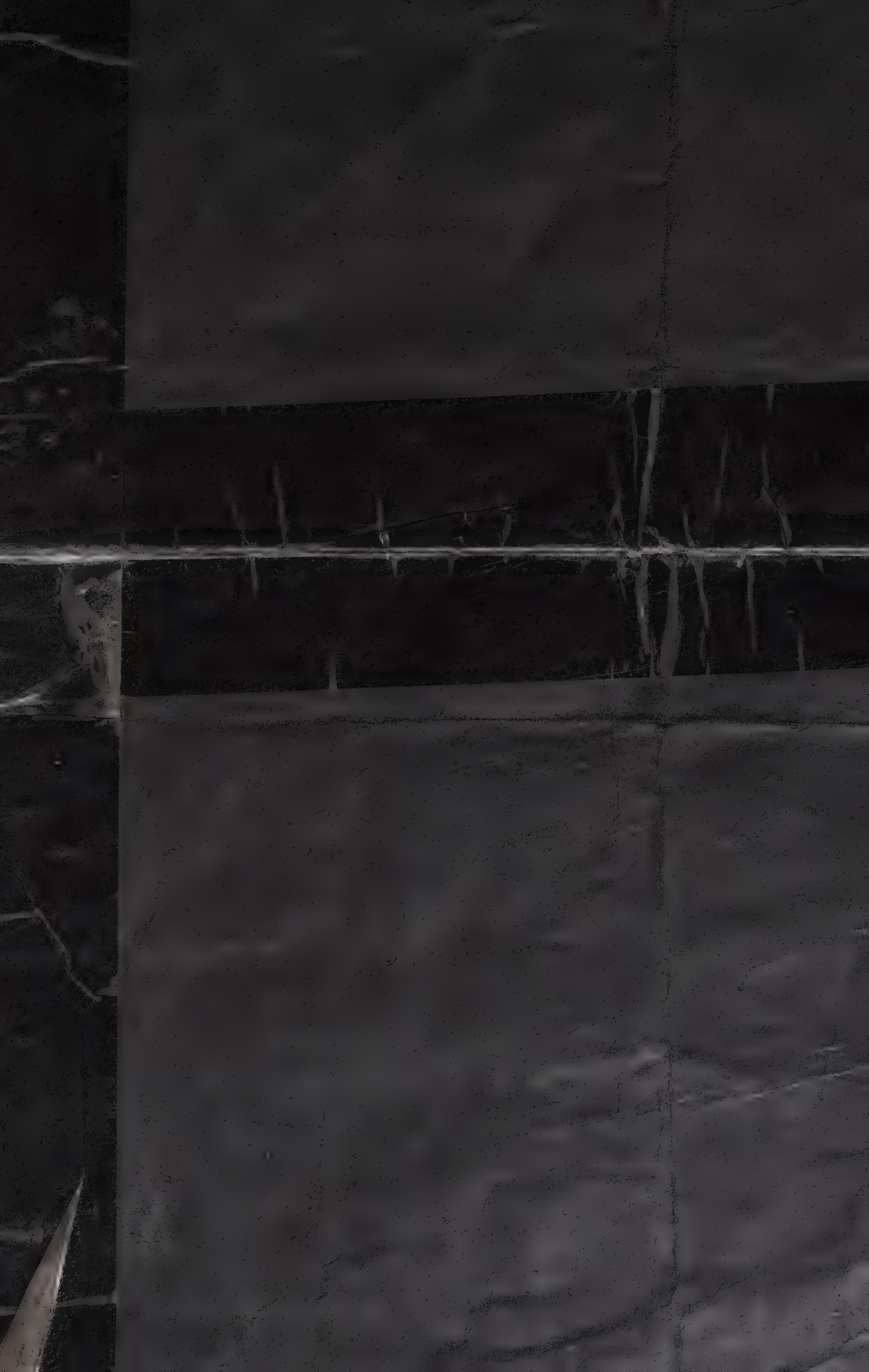


Fig. 3. (Versuch Nr. 6.)

Arm schlaff herabhängen lassen.
Arm horizontal gelagert.
Serum des Venenblutes.
Serum des Kapillarblutes.

Verlag von Dr. Werner Klinkhardt in Leipzig.



10. Nonnenmacher, Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung des Kapillarblutes in verschiedenen Körperregionen und thermische Einflüsse auf dieselbe. Inaug.-Dissert., Würzburg 1905.
11. Recklinghausen, Unblutige Blutdruckmessungen. III. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakologie, Bd. LV.
12. Reiss, Der Brechungskoeffizient des Blutserums als Indikator für den Eiweißgehalt. Inaug.-Dissert., Straßburg 1902.
13. — Der Brechungskoeffizient der Eiweißkörper des Blutserums. Beitr. z. chem. Physiol. u. Pathol., Bd. IV.
14. — Eine neue Methode der quantitativen Eiweißbestimmung. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol., Bd. LI.
15. Schultz und Wagner, Über den Flüssigkeitsaustausch zwischen Blut und Geweben unter thermischen und anderen Einflüssen. Fol. Serol., Bd. III, H. 9.
16. Strauß und Chajes, Refraktometrische Eiweißbestimmungen an menschlichem Blutserum und ihre klinische Bedeutung. Zeitschr. f. klin. Med., Bd. LII.
17. Strubell, Über eine neue Methode der Urin- und Blutuntersuchung. Deutsches Arch. f. klin. Med., Bd. LXIX.

Lebenslauf.

Ich, Georg Schwenker, evangelischer Konfession, wurde geboren am 5. Oktober 1885 zu Jena (Sachsen-Weimar) als Sohn des Kaufmanns Adolf Schwenker und seiner Ehefrau Elisabeth geb. Mehlhorn. Ich besuchte das Gymnasium und Realgymnasium zu Gera. 1906 bestand ich daselbst die Reifeprüfung. Ich studierte in Marburg und München Medizin. Im Sommer 1908 bestand ich in München die ärztliche Vorprüfung. Meine klinischen Semester verbrachte ich in Kiel. Am 31. Mai 1911 beendigte ich die Staatsprüfung daselbst.